

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-339751

(43)Date of publication of application : 08.12.2005

(51)Int.Cl.

G11B 7/005

G11B 7/007

G11B 7/135

(21)Application number : 2004-161132

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 31.05.2004

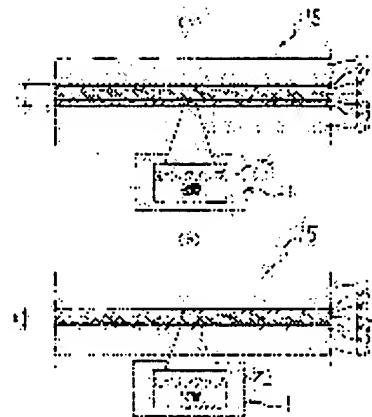
(72)Inventor : HIRAI HIDEAKI

(54) OPTICAL REPRODUCING METHOD, OPTICAL PICKUP DEVICE, OPTICAL REPRODUCING DEVICE, AND OPTICAL RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve recording capacity of an optical recording medium as compared with the conventional one by combination of shortening of the wavelength of luminous flux, making information multi-valued, and making a recording layer multi-layered.

SOLUTION: An information signal is reproduced by the optical reproducing device 1 from the reflection quantity of light with which pits of the optical recording medium 15 formed by laminating two recording layers M0, M1 are irradiated. Assuming that the depth of each pit is H, the wavelength of the emitting light is λ and refractive index of medium substrates L0, L1 of the optical recording medium 15 is n, " $\lambda/6n \leq H < \lambda/4n$ " is satisfied. An area whereon the pits are formed is divided into cells having equal areas to one another, and the spherical aberration amount W40 remaining at the time of light condensation satisfies " $W40 \leq 0.07\lambda_{rms}$ " with respect to the optical recording medium 15 whereon the multi-valued reproduction signal is generated in accordance with a pit occupancy rate to each cell.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.09.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-339751

(P2005-339751A)

(43) 公開日 平成17年12月8日(2005.12.8)

(51) Int.Cl.⁷

G 11 B 7/005

G 11 B 7/007

G 11 B 7/135

F I

G 11 B 7/005

G 11 B 7/007

G 11 B 7/135

テーマコード(参考)

5D090

5D789

Z

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2004-161132 (P2004-161132)

(22) 出願日

平成16年5月31日 (2004.5.31)

(71) 出願人

000006747 株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(74) 代理人

100101177

弁理士 柏木 優史

(74) 代理人

100072110

弁理士 柏木 明

(72) 発明者

平井 秀明

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式

会社リコー内

Fターム(参考) SD090 AA01 BB02 BB12 CC04 CC14

DD01 FF13 FF17

5D789 AA11 BA01 BB01 BB13 EC01

JA43 JB02 JB03

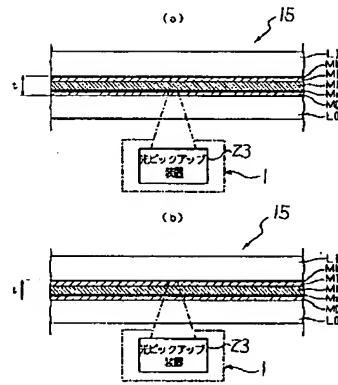
(54) 【発明の名称】光再生方法、光ピックアップ装置、光再生装置、及び光記録媒体

(57) 【要約】

【課題】光束の短波長化、情報の多値化、そして記録層の多層化を組み合わせることにより、光記録媒体の記録容量を従来に比べて向上させる。

【解決手段】2層の記録層M0, M1が積層されて形成された光記録媒体15のピットに照射された光の反射光量から情報信号を光再生装置1で再生する。各々のピットの深さをH、照射される光の波長をλ、光記録媒体15の媒体基板L0, L1の屈折率をnとした場合に、“ $\lambda/6n \leq H < \lambda/4n$ ”を満足する。ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される光記録媒体15に対して、集光時に残存する球面収差量W_{4,0}が、“ $W_{4,0} \leq 0.07 \lambda \text{ rms}$ ”を満足する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

記録層が複数積層されて形成された光記録媒体のピットに照射された光の反射光量から情報信号を再生する光再生方法において、

各々の前記ピットの深さをH、照射される前記光の波長を λ 、前記光記録媒体の媒体基板の屈折率をnとした場合に、

$$\lambda / 6 n \leq H < \lambda / 4 n$$

を満足するとともに、

前記ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される前記光記録媒体に対して、

10

集光時に残存する球面収差量 $W_{4,0}$ が、

$$W_{4,0} \leq 0.07 \lambda \text{ rms}$$

を満足する、

ことを特徴とする光再生方法。

【請求項 2】

記録層が複数積層されて形成された光記録媒体のピットに光を照射し当該光の反射光を受光する光ピックアップ装置において、

各々の前記ピットの深さをH、前記光記録媒体の媒体基板の屈折率をnとした場合に、照射される前記光の波長 λ は、

$$\lambda / 6 n \leq H < \lambda / 4 n$$

20

を満足するとともに、

前記ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される前記光記録媒体に対して、集光時に残存する球面収差量 $W_{4,0}$ が、

$$W_{4,0} \leq 0.07 \lambda \text{ rms}$$

を満足する、

ことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 3】

記録層が複数積層されて形成された光記録媒体のピットに光を照射し当該光の反射光量から情報信号を再生する光再生装置において、

30

請求項 2 に記載の光ピックアップ装置を備えていることを特徴とする光再生装置。

【請求項 4】

記録層が複数積層されて形成され当該記録層のピットに照射した光の反射光量から情報信号を再生できる光記録媒体において、

照射される前記光の波長を λ としたときに、各々の前記ピットの深さH、前記光記録媒体の媒体基板の屈折率nは、

$$\lambda / 6 n \leq H < \lambda / 4 n$$

を満足するとともに、

前記ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成され、集光時に残存する球面収差量 $W_{4,0}$ が、

40

$$W_{4,0} \leq 0.07 \lambda \text{ rms}$$

を満足する、

ことを特徴とする光記録媒体。

【請求項 5】

各々の前記ピットは、各々の前記セルの中心位置に面積変調に応じて異ならせた半径の略円形パターンで形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の光記録媒体。

【請求項 6】

各々の前記セルに対するピット占有率に応じてN値（N = 2, 3, 4, …）なる多値の再生信号が生成されるものであり、

50

前記ピットは、前記面積変調に応じて（N-1）種類の異なるピット径を有し、これらの（N-1）種類のピット径は最大ピット径のピットによる場合の前記セルからの反射光量とピットなしの場合の前記セルからの反射光量との間をほぼ（N-1）等分するように設定されている。

ことを特徴とする請求項5に記載の光記録媒体。

【請求項7】

前記光を照射する光源と、

前記光源から出射された光束を前記複数の記録層のうち選択された記録層に集光する対物レンズと、

前記選択された記録層で反射された戻り光束を所定の受光位置まで導く光学系と、

10

前記受光位置に配置され前記戻り光束を受光する光検出器と、

前記選択された記録層に応じて予め設定されている複数の収差補正量のうちのいずれかを選択し、その選択結果に基づいて収差を補正する収差補正手段と、
をさらに備え、

前記収差補正手段は、前記光記録媒体が2層の前記記録層を備えていて、前記光記録媒体の中間層厚をtとするときは、前記選択された記録層が第1記録層のときに前記第1記録層から第2記録層に向かって（1/4）tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選択し、前記選択された記録層が前記第2記録層のときは、前記第1記録層から前記第2記録層に向かって（3/4）tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選択する、

20

ことを特徴とする請求項3に記載の光再生装置。

【請求項8】

前記対物レンズは、入射光束が略平行光のときに、前記第1記録層から前記第2記録層に向かって（1/2）tに対応する位置での波面収差がほぼ最小となるように設定されている、ことを特徴とする請求項7に記載の光再生装置。

【請求項9】

2層の前記記録層を備えていて、

光再生装置の光源から出射された光束を前記複数の記録層のうち選択された記録層に集光する対物レンズの開口数をNA、前記光源から照射される光束の波長をλとした場合に、前記2層の記録層の第1記録層と第2記録層との間隔をt、等価屈折率をnとすると、

30

$$t \leq 15 n^3 \lambda / \{ (n^2 - 1) NA^4 \}$$

を満足すること、

を特徴とする請求項4に記載の光記録媒体。

【請求項10】

前記光を照射する光源と、

前記光源から出射された光束を前記複数の記録層のうち選択された記録層に集光する対物レンズと、

前記選択された記録層で反射された戻り光束を所定の受光位置まで導く光学系と、

前記受光位置に配置され前記戻り光束を受光する光検出器と、

前記選択された記録層に応じて予め設定されている複数の収差補正量のうちのいずれかを選択し、その選択結果に基づいて収差を補正する収差補正手段と、
をさらに備え、

40

前記収差補正手段は、前記光記録媒体が2層の前記記録層を備えていて、前記光記録媒体の中間層厚をtとするときは、前記選択された記録層が第1記録層のときに前記第1記録層から第2記録層に向かって（1/3）tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選択し、前記選択された記録層が前記第2記録層のときは、前記第1記録層から前記第2記録層に向かって（2/3）tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選択する、

ことを特徴とする請求項3に記載の光再生装置。

【請求項11】

50

前記対物レンズは、入射光束が略平行光のときに、前記第1記録層又は前記第2記録層に対応する位置での波面収差がほぼ最小となるように設定されている、ことを特徴とする請求項10に記載の光再生装置。

【請求項12】

2層の前記記録層を備えていて、

光再生装置の光源から出射された光束を前記複数の記録層のうち選択された記録層に集光する対物レンズの開口数をNA、前記光源から照射される光束の波長をλとした場合に、前記2層の記録層の第1記録層と第2記録層との間隔をt、等価屈折率をnとすると、

$$t \leq 11n^3 \lambda / ((n^2 - 1) NA^4)$$

を満足すること、

を特徴とする請求項10又は11に記載の光記録媒体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光記録媒体を再生する光再生方法、光ピックアップ装置、光再生装置、及びこれに用いる光記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、映像情報、音声情報、又は、コンピュータ上のデータを保存する手段として、記録容量0.65GBのCD、記録容量4.7GBのDVDなどの光記録媒体が普及しつつある。そして、現在では、さらなる記録密度の向上及び大容量化が求められている。

20

【0003】

このような光記録媒体の記録密度を上げる手段としては、光束の短波長化、情報の多値化、そして記録層の多層化が考えられる。

【0004】

(光束の短波長化)

まず、光記録媒体に情報の書き込み又は読み出しを行う光記録媒体装置において、対物レンズの開口数(NA)を大きくすること、或いは、光源の波長を短くすることにより、対物レンズによって集光されて光記録媒体上に形成されるビームスポットを小径化することが有効である。

30

【0005】

そこで、例えば、CD系の光記録媒体では、対物レンズの開口数が0.50、光源の波長が780nmとされているのに対して、このCD系光記録媒体よりも高記録密度化がなされたDVD系の光記録媒体では、対物レンズの開口数が0.65、光源の波長が660nmとされている。そして、光記録媒体は、上述したように、さらなる記録密度の向上及び大容量化が望まれており、そのためには、対物レンズの開口数を0.65よりもさらに大きく、或いは、光源の波長を660nmよりもさらに短くすることが望まれている。このような大容量の光記録媒体及び光記録媒体装置として、青色の波長領域の光源を用いて、大容量の確保を図る技術が知られている(例えば、非特許文献1を参照)。

40

【0006】

しかしながら、対物レンズの開口数をより大きく、或いは光源の波長をより短くすると、光記録媒体の各種変動に伴うマージンが低下する問題がある。例えば、光記録媒体のチルト(傾き)によって発生するコマ収差が大きくなる問題がある。コマ収差が発生すると、光記録媒体の情報記録面上に形成されるスポットが劣化するため、正常な記録再生動作が行えなくなる。光記録媒体のチルトによって発生するコマ収差は、一般的に以下の式で与えられる。

【0007】

$$W_{31} = ((n^2 - 1) / (2n^3)) \times (d \times N A^3 \times \theta / \lambda)$$

ここで、nは光記録媒体の透明基板の屈折率、dは透明基板の厚み、NAは対物レンズの

50

開口数、 λ は光源の波長、 θ は光記録媒体のチルト量を意味する。この式から、短波長、高NAほど収差が大きくなることが判る。同様に、光記録媒体の基板厚みの違いによって発生する球面収差も開口数：NAの4乗、波長： λ の-1乗に比例するため、短波長、高NAほど球面収差が大きくなる。

【0008】

(情報の多値化)

そこで、別の提案として、光記録媒体上に形成されたピットの信号レベルを2値以上の値に制御する多値記録再生方法が提案されている。即ち、従来の光記録媒体では、読み取り用レーザ光が光記録媒体上を走査したときのピットの有無による反射光量の変化を用いて信号の読み出しが行われるのに対して、特許文献1に示されるようなピット深さとピット幅の組合せによる反射光量の変化から信号の読み出しを行う多値記録再生方法や、特許文献2に示されるような、ピット深さとピット幅と、ピットの位置ずれの変化から読み出しを行う多値記録再生方法が提案されている。10

【0009】

また、特許文献3中には、記録マーク占有率方式で多値情報を記録する方式に関して、凹凸形状の位相ピットによる場合には、Rf信号の信号利得が最大となるように位相ピットの光学的溝深さを $\lambda/4$ にすることが記載されている。

【0010】

(記録層の多層化)

さらに別の提案として、記録層を多層化する方法が提案されている。複数の記録層を有する光記録媒体の例としては、特許文献4及び5が知られている。すなわち、多層の光記録媒体では、記録層と記録層との間隔が重要である。この間隔が狭いと、いわゆる層間クロストークにより、光記録媒体からの戻り光束には、目的とする記録層からの信号だけでなく、目的とする記録層以外の記録層からの信号も高いレベルで含まれることとなり、再生信号のS/N比が低下するおそれがある。一方、記録層と記録層との間隔が広いと、球面収差の影響により目的とする記録層からの信号が劣化するおそれがある。そこで、この技術では、例えば、片面2層のDVD-ROMでは、2つの記録層の間隔は $55 \pm 15 \mu m$ に規定されている。20

【0011】

- 【特許文献1】特開昭58-215735号公報
- 【特許文献2】特開平07-121881号公報
- 【特許文献3】特開2002-157734号公報
- 【特許文献4】特開平08-096406号公報
- 【特許文献5】特開平09-054981号公報
- 【非特許文献1】ISOM2001予稿集「Next Generation Optical Disc」, Hiroshi Ogawa, p6
~7

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

前述のように、記録容量の大容量化の手段としては、光束の短波長化、情報の多値化、そして記録層の多層化が考えられ、これらの手段を組み合わせることにより、記録容量の大幅な増加が期待できる。40

【0013】

しかしながら、各々の技術、或いはその組合せにより以下のようないくつかの課題が存在する。

【0014】

(記録層の多層化の課題)

記録光の光束の短波長化と記録層の多層化との組合せについては、次のような課題がある。すなわち、光束の波長が短くなると、2つの記録層間隔の上限が上記片面2層DVD-ROMの場合($70 \mu m$)よりも小さくなるため、従来の製造設備を転用することが困難であり、光記録媒体の製造コストが高価なものとなるという不具合がある。50

【0015】

(情報の多値化の課題)

多値信号形成方法に関する前述の公知技術（特許文献1，2）では、ピット深さとピット幅による多値データが記録された光記録媒体は生産性が非常に悪くなってしまう不具合がある。

【0016】

図17、図18に、従来のCD系やDVD系のピットなどの低レベルと高レベルの2値の信号が記録された再生専用の光記録媒体の製造工程を示す。この製造工程は、周知のように、レーザカッティング（S1）、現像（S2）、スタンパ形成（S3）、レプリケーション（S4）の各工程からなる。即ち、まず、図18（a）に示すように光ビーム100によりガラス基板101のレジスト面102上にピット1となる部分をガラス基板101にあたる深さまで露光して、図18（b）に示すように現像し、この現像した記録原盤に基づき図18（c）に示すようにマスタスタンパ103を作製する。そして、このマスタスタンパ103を用い、既知のリプリケーションプロセスに従って図18（d）に示すように再生専用の光記録媒体104を大量生産する。なお、符号105はピットである。

10

【0017】

以上の従来の製造工程において、ピット深さを制御する場合、ガラス基板101までの露光量をコントロールして、複数の深さのピットを形成する必要がある。しかし、その場合、底が平らでなくなる（丸若しくは面粗さが生じる）。また、露光量の変化に伴う深さの変化が非常に敏感であり、コントロールが難しいなどの問題が経験的に判っている。理論的には、露光量を変えれば深さ変調ができるが、これらの理由に伴い、従来のCD再生用の光記録媒体或いはDVD再生用の光記録媒体ではガラス基板まで露光を行い、ピットの長さ変調に相当する信号の記録を行うに留まっている。

20

【0018】

本発明の目的は、光束の短波長化、情報の多値化、そして記録層の多層化を組み合わせることにより、光記録媒体の記録容量を従来に比べて向上させることである。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は、記録層が複数積層されて形成された光記録媒体のピットに照射された光の反射光量から情報信号を再生する光再生方法において、各々の前記ピットの深さをH、照射される前記光の波長をλ、前記光記録媒体の媒体基板の屈折率をnとした場合に、

30

$$\lambda / 6 n \leq H < \lambda / 4 n$$

を満足するとともに、前記ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される前記光記録媒体に対して、集光時に残存する球面収差量W₄₀が、

$$W_{40} \leq 0.07 \lambda \text{ rms}$$

を満足することを特徴とする光再生方法である。

【0020】

別の面から見た本発明は、記録層が複数積層されて形成された光記録媒体のピットに光を照射し当該光の反射光を受光する光ピックアップ装置において、各々の前記ピットの深さをH、前記光記録媒体の媒体基板の屈折率をnとした場合に、照射される前記光の波長λは、

40

$$\lambda / 6 n \leq H < \lambda / 4 n$$

を満足するとともに、前記ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される前記光記録媒体に対して、集光時に残存する球面収差量W₄₀が、

$$W_{40} \leq 0.07 \lambda \text{ rms}$$

を満足することを特徴とする光ピックアップ装置である。

【0021】

別の面から見た本発明は、記録層が複数積層されて形成された光記録媒体のピットに光

50

を照射し当該光の反射光量から情報信号を再生する光再生装置において、この光ピックアップ装置を備えていることを特徴とする光再生装置である。

【0022】

別の面から見た本発明は、記録層が複数積層されて形成され当該記録層のピットに照射した光の反射光量から情報信号を再生できる光記録媒体において、照射される前記光の波長を λ としたときに、各々の前記ピットの深さH、前記光記録媒体の媒体基板の屈折率nは、

$$\lambda / 6 n \leq H < \lambda / 4 n$$

を満足するとともに、前記ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成され、集光時に残存する球面収差量 $W_{4,0}$ が、 10

$$W_{4,0} \leq 0.07 \lambda \text{ rms}$$

を満足することを特徴とする光記録媒体である。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、ピット深さとしては、プッシュプル信号振幅が最大となる $\lambda / 6 n$ から、各ピットサイズにおける再生信号の振幅分離が最大、即ち、再生信号のS/Nが最大となる $\lambda / 4 n$ の範囲内に設定することにより、ピットが形成された再生系の光記録媒体に対しても、記録系の光記録媒体で一般的に用いられているプッシュプル法によりトラックエラー信号を検出することが可能となる。即ち、ピット占有率により再生情報がセル単位で記録されている場合、結果的には、ピットの連続的に並んだ構成が、ビームスポットにおいては連続的な溝が形成されたものと同等に観測され、記録系の光記録媒体のトラックエラー信号の生成との互換性が取れる。また、残存球面収差量が $0.07 \lambda \text{ rms}$ 以下とすることにより、“ $\lambda / 6 n \leq H < \lambda / 4 n$ ”の範囲にある多値信号のモジュレーションを60%以上確保することが可能となり、安定した信号が得られる。 20

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

発明を実施するための最良の一形態について説明する。

【0025】

(光記録媒体について)

30

図1の光記録媒体15は、波長が約405nmの光束に対応し、2層の記録層を有する本実施の形態に係る光記録媒体である。この光記録媒体15は、一例として図2(a)及び図2(b)に示されるように、光ピックアップ23に近いほうから順に、第1基板L0、第1記録層M0、中間層ML、第2記録層M1、第2基板L1などが積層されて構成されている。また、第1記録層M0と中間層MLとの間には金や誘電体などで形成された半透明膜Maが設けられ、第2記録層M1と第2基板L1との間にはアルミニウムなどで形成された金属反射膜Mbが設けられている。中間層MLには、光ピックアップ23から照射される光束に対して透過率が高く、基板の屈折率に近い屈折率を有する紫外線硬化型の樹脂材料が用いられる。なお、第1記録層M0と第2記録層M1との間隔(すなわち中間層MLの厚さ)tについては後で詳述する。 40

【0026】

そして、各記録層M0、M1には、スパイラル状又は同心円状にピット列からなるトラックが形成されており、ピットに照射されたレーザ光の反射光量から再生信号が生成される。ピットが形成される領域は互いに等しい面積のセルに分割され、各々のセルに対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される面積変調された1つのピットがセル毎に形成された構造を前提とする。

【0027】

(光再生装置の光学系)

図1の符号1は、光記録媒体15の記録情報を光学的に再生する本実施の形態の光再生装置1である。その回路構成や制御系などは周知の構成であるため、詳細な説明は省略す

50

る。

【0028】

図2は、光再生装置1に用いる光ピックアップ装置23の光学系の概略構成図である。本実施の形態では、前述の再生系の光記録媒体15の妥当性を立証するために、波長405nmのレーザ光を発する光源LDと、NA0.65の対物レンズ60とを照射光学系として備える光ピックアップ装置23を用いて、トラックピッチ0.43μmで様々な中間層厚、ピット深さ、ピット径を持つ光記録媒体15に対して検証を行った。なお、符号52はレーザ光を平行光化するコリメートレンズ、符号54は照射光と反射された戻り光とを分離するビームスプリッタ、符号56は収差補正レンズ系、符号53は偏向ミラー、符号58は分離された反射光を光検出器PDに結像させる検出レンズであり、光検出器PDとともに受光光学系を構成する。また、トラックエラー信号の検出方法としては、記録系の光記録媒体用に一般に採用されているプッシュプル法が用いられている。10

【0029】

収差補正レンズ系56は、偏光ビームスプリッタ54の+X側に配置され、負レンズとしての凹レンズ56aと、正レンズとしての凸レンズ56bと、凹レンズ56a及び凸レンズ56bの少なくとも一方を駆動して両レンズの間隔（以下、「レンズ間隔」ともいう）を変更する図示しないレンズ駆動装置を含んでいる。レンズ間隔が変化すると、対物レンズ60の結像倍率が変化し、球面収差が変化する。なお、本実施の形態では、対物レンズ60に略平行光が入射されたときに波面収差がほぼ0となる位置（以下、「収差基準位置」ともいう）が、対物レンズ60の光軸方向に関して中間層MLのほぼ中央に対応する位置となるように設定されているものとする。20

【0030】

(ピット形状と再生信号)

検証結果について説明する。まず、図3は、ピット深さ、ピット径と再生信号（Rf信号）との関係を表わしたものであり、横軸がピット深さ、縦軸がオントラック時のRf信号を表し、ピット径の異なる複数の曲線がプロットされている。なお、図3に示すRf信号とトラック位置との関係は、図4(a)～(f)に示すようになる。図4(a)～(f)は各々、異なるピット深さのRf信号特性とトラック位置に相当し、さらに各図の中でピット径の異なる複数の曲線がプロットされている。何れも、Rf信号振幅の大きい順に、ピット径（直径）が0.230μm, 0.207μm, 0.184μm, 0.161μm, 0.138μm, 0.115μm, 0.092μm, 0.069μmの場合を図示している。図4(a)～(f)の各曲線のトラック中心での値が図3に相当する。ピット深さ0.066μm（約λ/4n）、ピット径0.230μmでRf信号は最小となる。30

【0031】

(ピット形状とプッシュプル信号)

また、図5は、ピット深さ、ピット径とプッシュプル信号振幅との関係を表わしたものであり、横軸がピット深さ、縦軸がプッシュプル信号振幅を表し、ピット径の異なる複数の曲線がプロットされている。なお、図5のプッシュプル信号振幅は、図6(a)～(f)のプッシュプル信号特性より求めた結果である。図6(a)～(f)は、各々異なるピット深さ150Å, 300Å, 400Å, 510Å, 660Å, 800Åのプッシュプル信号特性に相当し、さらに各図の中でピット径の異なる複数の曲線がプロットされている。図6(a)～(f)では、何れも、プッシュプル振幅の大きい順に、ピット径（直径）が0.230μm, 0.207μm, 0.184μm, 0.161μm, 0.138μm, 0.115μm, 0.092μm, 0.069μmの場合を図示している。図6(a)～(f)の各曲線の最大値をPP_{max}、最小値をPP_{min}としたとき、プッシュプル信号振幅PPは、“PP = (PP_{max} - PP_{min})”で表される。ピット深さ0.04μm（約λ/6n）、ピット径0.069μmでプッシュプル信号振幅は最大となり、ピット深さ0.064μm（約λ/4n）、ピット径0.23μmで最小となる。40

【0032】

(プッシュプル信号とRf信号の検出方法)

10

20

30

40

50

次に、プッシュプル信号と R_f 信号について図 7 及び図 8 を参照して説明する。図 7 (a) は、ピット 1 1 上をビームスポット 1 2 が相対的に走行しており、図 7 (b) は、その反射光のビームスポット 1 2 がラジアル方向に対称に 2 分割された分割受光領域（受光素子）A, B で構成される光検出器 P D に導かれている様子を示している。即ち、この光検出器 P D は、遠視野におけるピット 1 1 からの反射 0 次光と反射±1 次回折光とが重なる領域内で光記録媒体 1 5 のラジアル方向に対して対称に配置された少なくとも一対の受光部である分割受光領域 A, B を有する。また、本実施の形態においては、特に、ピット 1 1 は面積変調に応じて異ならせた半径の円形状（真円形状）パターンとされ、セル 1 3 と呼ばれる等分割の領域毎にその中心位置に 1 個ずつ形成されている。このセル 1 3 の大きさはビームスポット 1 2 のサイズよりも小さく設定されている。

10

【0033】

トランクエラー信号であるプッシュプル信号 $T_E 1$ と再生信号 R_f とは、この分割受光領域 A, B の検出信号 a, b を用いると、以下の演算により求められる。

【0034】

$$T_E 1 = (a - b) / (a + b)$$

$$R_f = (a + b) / \max(a + b)$$

ここで、図 3、図 5 で表わされるプッシュプル信号と R_f 信号の現われ方を、図 8 を用いて説明する。 R_f 信号はビームスポット 1 2 を光記録媒体 1 5 に照射した際に分割受光領域 A, B に戻ってくる光量の総和信号である。ビームスポット 1 2 がピット 1 1 上に位置する時点では、光はピット 1 1 による回折の影響を受け、分割受光領域 A, B への戻り光量（即ち、反射光量）が少なくなるため、 R_f 信号のレベルは低下する。一方、プッシュプル信号は、ビームスポット 1 2 を光記録媒体 1 5 に照射した際に、その反射光のピット 1 1 の半径方向（ラジアル方向）における光量の偏りを示す信号である。ビームスポット 1 2 がピット 1 1 のエッジに差し掛かると、光の回折方向はピット 1 1 の長さ方向に偏り、その偏る方向はピット 1 1 の前後何れのエッジであるかによって相違するため、分割受光領域 A, B の出力 a, b の差を求めると、ピット 1 1 の前後のエッジで極性が異なるパルス状の信号が得られる。

20

【0035】

(ピット深さの選択)

図 4 によれば、任意のピット深さにおいても、ピット径を変化させることにより、複数の R_f 信号レベルが得られることが判る。即ち、ピット径を変化させることにより、多値データの記録、再生が可能なことが判る。また、図 5、図 6 によれば、ピット径がビームスポット径に比べて小さな光記録媒体においても、所定のピット条件下では、プッシュプル信号が検出可能であることが判る。連続的な溝形状が形成された記録系の光記録媒体との互換性を考えると、トランクエラー信号の検出方法としてプッシュプル法が望まれる。

30

【0036】

(ピット深さとピット径)

以上の結果から、光記録媒体 1 5 に最適なピット 1 1 の深さとしては、プッシュプル信号振幅が最大となる $\lambda / 6 n$ から、各ピットサイズの R_f 信号振幅の分離が最大となる $\lambda / 4 n$ の範囲内、特に、その中間値 ($\lambda / 5 n$ 付近) を選べばよいといえる。後者の R_f 信号振幅の分離が最大となるとは、 R_f 信号の S/N が最大となること、を意味する。

40

【0037】

また、ピット深さとしても、プッシュプル信号振幅が最大となる $\lambda / 6 n$ から、各ピットサイズにおける再生信号の振幅分離が最大、即ち、再生信号の S/N が最大となる $\lambda / 4 n$ の範囲内、特にその中間値に設定することにより、ピット 1 1 が形成された本実施の形態のような再生系の光記録媒体 1 5 に対しても、記録系の光記録媒体で一般的に用いられているプッシュプル法によりトランクエラー信号を検出することが可能となる。即ち、ピット占有率により再生情報がセル単位で記録されている場合、結果的には、ピット 1 1 の連続的に並んだ構成が、ビームスポット 1 2 においては連続的な溝が形成されたものと同等に観測されるためであり、記録系の光記録媒体におけるトランクエラー信号の生成と

50

の互換性を取ることができる。

【0038】

(ピット径の選択)

また、このような多値記録データの再生方法について説明する。ピット径（ピット占有率）と R_f 信号の関係を図9に示す。図3との違いは、ピット径を横軸にとっている点であり、特に、ここではピット深さを $\lambda / 6n$ としている。1つのセル13に占めるピット11の占有率（ピット占有率）の大小によって、 R_f 信号値は変化する。ピット11が存在しないときに最大の R_f 信号値となり、ピット11の占有率が最も高いときに R_f 信号値は最小となる。この関係を利用して、図10にピットパターン数（多値レベル数）が8の場合（レベル0, 1, 2, …, 7）における、各ピットサイズ対応の R_f 信号値を示す。
採用したピット11のパターンを図10中の上側に示す。即ち、各々のセル13に対するピット占有率に応じて $N=8$ 値なる多値の再生信号を生成させた場合、ピット11は、面積変調に応じて $(N-1) = 7$ 種類の異なるピット径を有し、これらの7種類のピット径は最大ピット径のピット11による場合のセル13からの反射光量（ R_f 信号値は最小）とピット11なしの場合のセル13からの反射光量（ R_f 信号値は最大）との間をほぼ $N=8$ 等分するように設定されているものである。

10

【0039】

従って、本実施の形態によれば、基本的に、ピット11が形成される領域が互いに等しい面積のセル13に分割され、各々のセル13に対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される面積変調された1つのピット11がセル13毎に形成されることにより再生系の光記録媒体が作製されているので、深さ変調により多値情報が記録されているわけではなく、面積変調により多値情報が記録されることとなるので、その製造工程において、ガラス基板まで露光を行う安定した現像工程を確保でき、生産性容易な多値情報が記録された再生系の光記録媒体を提供することができる。

20

【0040】

(中間層厚と再生信号)

引き続き、第1記録層M0、第2記録層M1記録層間に形成された中間層MLの厚さに関する検証する。補正処理が行われないとき、光記録媒体15の基板厚誤差により発生する球面収差は、一例として図13に示されるように、前記収差基準位置（Sとする）からの距離に比例して大きくなり、次の（1）式で示されることが知られている。ここで、 $W_{40\text{ rms}}$ は RMS 値で示される球面収差、d は収差基準位置 S からの距離、n は中間層 ML の等価屈折率、NA は対物レンズ60の開口数である。

30

【0041】

$$W_{40\text{ rms}} = \{1/48\sqrt{5}\} \{ (n^2 - 1) / n^3 \} NA^4 \cdot d \quad \dots \quad (1)$$

補正処理が行われない場合の中間MLの厚さと多値レベルと再生信号（ R_f 信号）との関係を、図11を用いて説明する。開口数NAが0.65、波長405nm、ピット11の深さ510Åの光記録媒体において、横軸に多値レベル、縦軸にオントラック時の R_f 信号を示したもので、基板厚誤差の異なる複数の曲線がプロットされている。ここで、基板厚誤差とは、球面収差最小の位置からずれた位置に記録面が形成されている場合の、記録面と球面収差最小位置の間の距離である。図11に示す R_f 信号とトラック位置との関係は、図12(a)～(f)に示すようになる。図12(a)～(f)は各々、異なる基板厚誤差の R_f 信号特性とトラック位置に相当し、さらに各図の中で多値レベルの異なる複数の曲線がプロットされている。基板厚誤差の増加に伴い多値信号の信号分離が困難となる方向にあることがわかる。

40

【0042】

(球面収差と再生信号)

図11と図13の関係式を用いれば、図14の関係が求められる。図14から球面収差量が0.07λrms以下の範囲では、モジュレーション60%以上であることがわかる。

【0043】

50

(中間層について)

本実施形態においては、球面収差補正レンズ系56を用いることにより、 0.035λ rms以下とすることが可能である。図15(a)に示されるように、球面収差が 0.035λ となる位置をP1及びP2とすると、P1とP2の間隔(T1とする)は、次の(2)式で示される。すなわち、球面収差が補正されない場合には、記録層M0とM1の間隔の上限値はT1となる。なお、ここでは、P1を対物レンズ60側の位置とする。

【0044】

$$T_1 = 7.5 n^3 \lambda / \{ (n^2 - 1) N A^4 \} \quad \dots \dots \quad (2)$$

本実施形態では、一例として図16(b)に示されるように、位置P1での球面収差がほぼ0となるように前記レンズ間隔を変更するための駆動信号を前記駆動信号Aとし、位置P2での球面収差がほぼ0となるようにレンズ間隔を変更するための駆動信号を前記駆動信号Bとしている。なお、各駆動信号は予め、実験、シミュレーション及び理論計算などにより得られている。

10

従って、図16(b)に示されるように、選択記録層が第1記録層M0の場合には、駆動信号Aを出力することにより、第1記録層M0の位置が収差基準位置Sと位置P11との間であれば、球面収差は 0.035λ 以下となる。また、選択記録層が第2記録層M1の場合には、駆動信号Bを出力することにより、第2記録層M1の位置が収差基準位置Sと位置P21との間であれば、球面収差は 0.035λ 以下となる。すなわち、中間層MLの厚さtは、次の(3)式で示されるT2以下であれば良い。

20

【0045】

$$T_2 = 15 n^3 \lambda / \{ (n^2 - 1) N A^4 \} \quad \dots \dots \quad (3)$$

上記(3)式に、 $\lambda = 0.405 \mu m$ 、 $n = 1.623$ 、 $N A = 0.65$ を代入すると、 $T_2 = 8.7 \mu m$ となる。これは、前述した片面2層のDVD-ROMにおける上限値 $70 \mu m$ よりも大きい。従って、従来の製造設備を転用することが可能であり、片面2層青色DVDを低コストで製造することができる。

【0046】

また、中間層MLの厚さtの下限値としては、フォーカスエラー信号のキャプチャーレンジ、及び層間クロストークの影響が小さいときの受光器LDの出力レベルの少なくとも一方に基づいて規定することができる。

30

【0047】

(光学条件のまとめ)

以上の考察により、本実施の形態の光記録媒体15、光再生装置1(の光ピックアップ装置23)に好適な光学的な条件を、以下の(1)~(5)に整理して説明する。

【0048】

(1) 光記録媒体15、光再生装置1は、面積変調の多値ピット11の深さHおよび集光時に残存する球面収差量W40が、照射されるレーザ光の波長をλ、光記録媒体15の基板L0、L1の屈折率をn、集光時に使用される対物レンズの開口数をNAとした場合に、

$$\lambda / 6 n \leq H \leq \lambda / 4 n \quad \dots \dots \quad (4)$$

$$W_{40} \leq 0.07 \lambda \text{ rms} \quad \dots \dots \quad (5)$$

40

を満足すべきである。

【0049】

上記(4)式のピット深さに関しては、本発明におけるピット11の製造上の課題を達成しようとするものである。すなわち、ピット11が形成される領域が互いに等しい面積のセル13に分割され、各々のセル13に対するピット占有率に応じて多値の再生信号が生成される面積変調された1つのピット11がセル13毎に形成されていることにより、深さ変調により多値情報が記録されているわけではなく、面積変調により多値情報が記録されていることとなるので、ガラス基板まで露光を行う安定した現像工程を確保でき、生産性容易な多値情報が記録された再生系の光記録媒体15を提供することができる。

【0050】

50

この際、ピット11の深さとしては、プッシュプル信号振幅が最大となる $\lambda/6\text{ n}$ から、各ピットサイズにおける再生信号の振幅分離が最大、即ち、再生信号のS/Nが最大となる $\lambda/4\text{ n}$ の範囲内に設定することにより、ピット11が形成された再生系の光記録媒体15に対しても、記録系の光記録媒体で一般的に用いられているプッシュプル法によりトラックエラー信号を検出することが可能となる。特に、プッシュプル信号、再生信号が十分に取れる $\lambda/5\text{ n}$ 付近に設定することが望ましい。即ち、ピット占有率により再生情報がセル13単位で記録されている場合、結果的には、ピット11の連続的に並んだ構成が、ビームスポット12においては連続的な溝が形成されたものと同等に観測されるためであり、記録系の光記録媒体におけるトラックエラー信号の生成との互換性が取れる。

【0051】

10

また、(5)式については、球面収差に関するもので記録層の多層化と情報の多値化を組合せる際の本発明の課題を達成しようとするものである。すなわち、光記録媒体15の管理項目のひとつにモジュレーションが、60%以上にする点がある。ここで、「モジュレーション」とは、最大ピット径での信号レベルと最小ピット径での信号レベルの比で定義される値である。従って、製造時などの検査工程においては、モジュレーション60%以上となるように管理されている。(5)式の残存球面収差量が $0.07\lambda\text{ rms}$ 以下とすることにより、(4)式の範囲にある多値信号のモジュレーションを60%以上確保することが可能となり、安定した信号が得られる。

【0052】

20

(2) 光記録媒体15の(1)の条件において、各々のピット11は、各々のセル13の中心位置に面積変調に応じて異ならせた半径の略円形パターンで形成されているようにすべきである。

【0053】

これにより、生産工程において、レーザ露光により容易にピットを形成することができる。なお、「略円形パターン」とは、真円に限られるものではなく、実際には光記録媒体15は回転されながら露光される点と、露光ビームの強度分布が梢円分布を有するため、回転方向若しくは半径方向に、0%から10%程度の梢円形状であってもよい。すなわち、略円形であればよい。

【0054】

30

(3) 光記録媒体15の(1)の条件において、各々のセル13に対するピット占有率に応じてN値なる多値の再生信号が生成されるものであり($N=2, 3, 4, \dots$)、ピット11は、面積変調に応じて($N-1$)種類の異なるピット径を有し、これらの($N-1$)種類のピット径は最大ピット径のピット11による場合のセル13からの反射光量とピット11なしの場合のセル13からの反射光量との間をほぼN等分するように設定されているべきである。

【0055】

40

これにより、任意のピット深さにおいてもピット11の大きさ、即ち、ピット径を変化させることにより、複数の再生信号が得られるものであり、ピット径を変化させることにより多値データの再生が可能であることから、($N-1$)種類のピット径として、最大ピット径のピット11による場合のセル13からの反射光量とピット11なしの場合のセル13からの反射光量との間をほぼ($N-1$)等分するように設定することで、N値の多値記録が可能となる。

【0056】

50

(4) (1)の条件の光再生装置1においては、収差補正(マイクロコンピュータなどの制御により、例えば、収差補正レンズ系56を図示しないレンズ駆動装置で駆動するなどして、収差を補正する)は、選択された記録層が第1記録層M0のときに、2つの記録層M0とM1の間隔をtとした場合に、第1記録層M0から前記第2記録層M1に向かって($1/4$)tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選択し、選択された記録層が第2記録層M1のときに、第1記録層M0から第2記録層M1に向かって($3/4$)tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選

択することとするのが望ましい。

【0057】

この場合において、対物レンズ60は、入射光束が略平行光のときに、第1記録層M0から第2記録層M1に向かって $(1/2)t$ に対応する位置での波面収差がほぼ最小（実際には、最小位置から $0.01\lambda_{rms}$ 以下の増加分程度の範囲であればよい）となるよう10に設定するのが望ましい。

【0058】

(5) (4) の条件の光再生装置1で再生が行なわれる光記録媒体15においては、第1記録層M0と第2記録層M1とを有し、第1記録層M0と第2記録層M1との間隔をt、照射される光束の波長を λ 、等価屈折率をn、光再生装置1を構成する対物レンズの開口数をNAとした場合に、

$$t \leq 15 n^3 \lambda / \{ (n^2 - 1) NA^4 \} \quad \dots \quad (6)$$

の条件を満足する光記録媒体15であることが望ましい。

【0059】

このような条件の光記録媒体15が(4)の条件の光再生装置1で用いられると、当該光再生装置1の収差補正により、各記録層M0, M1における球面収差を低く抑えることができる。第1記録層M0と第2記録層M1との間隔tは、“ $t \leq 15 n^3 \lambda / \{ (n^2 - 1) NA^4 \}$ ”を満足すれば良いことから、第1記録層M0と第2記録層M1との間隔について許容される範囲が従来よりも広くなり、製造歩留りが高くなる。従って、記録容量の大きな光記録媒体15を安価に供給することができる。

20

【0060】

(収差補正レンズ系の制御)

光再生装置1では、情報の再生へのアクセスに先立って、選択記録層が第1記録層M0であれば駆動信号Aが図示しないレンズ駆動装置に供給され、一方選択記録層が第2記録層M1であれば駆動信号Bが図示しないレンズ駆動装置に供給される。これにより、収差補正量が選択記録層に応じて切り換わることとなる。そして、選択記録層がいずれの記録層M0又はM1であっても、球面収差を 0.035λ 以下に維持することができる。従って、選択記録層に形状品質に優れた光スポットを形成することが可能となり、その結果、複数の記録層M0, M1を有する高記録容量の光記録媒体15へのアクセスを、精度良く安定して行うことができる。

30

【0061】

(収差補正レンズ系の代替手段)

なお、上記実施の形態では、収差補正是、収差補正レンズ系56を用いて収差を補正する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、コリメートレンズ52の位置をX軸方向に移動して収差を補正しても良い。この場合には、コリメートレンズ52を移動させるための駆動機構が新たに必要となるが、収差補正レンズ系56は不要となる。

【0062】

また、上記実施の形態では、凹レンズ56aを凸レンズ56bの光源側に配置する場合について説明したが、これに限らず、凸レンズ56bを凹レンズ56aの光源側に配置しても良い。要するに、個々で重要なのはレンズ間隔である。

40

【0063】

また、上記実施の形態において、収差補正レンズ系56に代えて、例えば印加電圧によって屈折率が変化する液晶素子や、電気光学結晶を含む光学素子などの電気光学素子を用いても良い。

【0064】

(前述の実施の形態の変形例について)

前述の実施の形態では、収差基準位置が、対物レンズ60の光軸方向に関して中間層M1のほぼ中央に対応する位置となるように設定されている場合について説明したが、本発明はこれに限らず、例えば、収差基準位置が第1記録層M0又は第2記録層M1に対応す

50

る位置となるように設定されても良い。

【0065】

第1記録層M0に対応する位置(P12とする)が収差基準位置に設定されている場合には、例えば図16(a)に示されるように、前記駆動信号Aに代えて、第1記録層M0から第2記録層M1(対応する位置をP22とする)に向かって(1/3)tに対応する位置(P1'とする)での球面収差がほぼ最小となるときの駆動信号A'が出力され、前記駆動信号Bに代えて、第1記録層M0から第2記録層M1に向かって(2/3)tに対応する位置(P2'とする)での球面収差がほぼ最小となるときの駆動信号B'が出力されるように設定すると、中間層MLの厚さは、次の(7)式で示されるT3以下であれば、球面収差を0.035λ以下に維持することができる。

10

【0066】

$$T3 = 11n^3\lambda / \{(n^2 - 1)NA^4\} \dots \dots (7)$$

上記(7)式に、 $\lambda = 0.405\mu m$ 、 $n = 1.623$ 、 $NA = 0.65$ を代入すると、 $T3 = 65\mu m$ となる。これは、前述した片面2層のDVD-ROMにおける上限値70μmとほぼ同等である。従って、従来の製造設備を転用することが可能であり、片面2層の青色DVDを低成本で製造することができる。また、第2記録層M1に対応する位置P22に収差基準位置が設定されている場合も同様である。

【0067】

この変形例を、整理して説明すると次のとおりである。前述の(1)の条件において、収差補正は、選択された記録層が第1記録層M0のときに、2つの記録層M0とM1の間隔をtとした場合に、第1記録層M0から第2記録層M1に向かって(1/3)tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選択し、選択された記録層が第2記録層M1のときに、第1記録層M0から第2記録層M1に向かって(2/3)tに対応する位置での球面収差がほぼ最小となるときの収差補正量を選択するようにする。

20

【0068】

この場合において、対物レンズ60は、入射光束が略平行光のときに、前記第1記録層M0又は第2記録層M1に対応する位置での波面収差がほぼ最小(実際には最小位置から0.01λrms以下)となるように設定されているようになる。

【0069】

また、情報の再生が行なわれる光記録媒体15は、第1記録層M0と第2記録層M1とを有し、第1記録層M0と第2記録層M1との間隔をt、照射される光束の波長をλ、等価屈折率をn、光再生装置1を構成する対物レンズ60の開口数をNAとした場合に、

$$t \leq 11n^3\lambda / \{(n^2 - 1)NA^4\} \dots \dots (8)$$

を満足する光記録媒体である。

30

【0070】

この光記録媒体15を前述の光再生装置1で用いると、光再生装置1の収差補正により、各記録層M0、M1における球面収差を低く抑えることができる。第1記録層M0と第2記録層M1との間隔tは、“ $t \leq 11n^3\lambda / \{(n^2 - 1)NA^4\}$ ”を満足すれば良いことから、第1記録層M0と第2記録層M1との間隔について許容される範囲が従来よりも広くなり、製造歩留りが高くなる。従って、記録容量の大きな光記録媒体15を安価に供給することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】本発明の一実施の形態の光記録媒体の構成の説明図である。

【図2】本発明の一実施の形態の光ピックアップ装置の光学系の構成を説明する説明図である。

【図3】光記録媒体のピット深さとRf信号の関係を説明するグラフである。

【図4】光記録媒体のピット深さとRf信号の関係を説明するグラフである。

【図5】光記録媒体のピット深さとプッシュプル振幅との関係を説明するグラフである。

50

【図6】光記録媒体のピット深さとプッシュプル振幅との関係を説明するグラフである。

【図7】光記録媒体のピット、セルの構成や(a)、光検出器の構成(b)について説明する説明図である。

【図8】光記録媒体のピットの平面(a)、断面(b)、トラックエラー信号(c)、R_f信号(d)の関係を説明する説明図である。

【図9】光記録媒体のピット径とR_f信号の関係を説明するグラフである。

【図10】光記録媒体のピット径とR_f信号の関係を説明するグラフである。

【図11】光記録媒体の多値レベルとR_f信号の関係を説明するグラフである。

【図12】光記録媒体の基板厚誤差と波面収差との関係を説明するグラフである。

【図13】光記録媒体に対する光スポット位置とR_f信号の関係を説明するグラフである 10

【図14】球面収差とモジュレーションとの関係を説明するグラフである。

【図15】光軸方向に関する位置と球面収差との関係を説明するグラフである。

【図16】光軸方向に関する位置と球面収差との関係を説明するグラフである。

【図17】本発明の課題を説明する説明図である。

【図18】本発明の課題を説明する説明図である。

【符号の説明】

【0072】

1 光再生装置

20

15 光記録媒体

23 光ピックアップ装置

56 収差補正手段

60 凸レンズ

LD 光源

PD 光検出器

M0 第1記録層

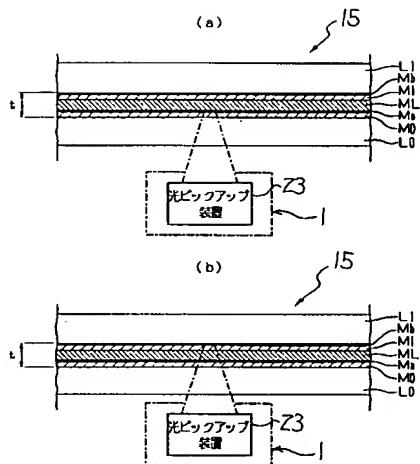
M1 第2記録層

L0 基板層

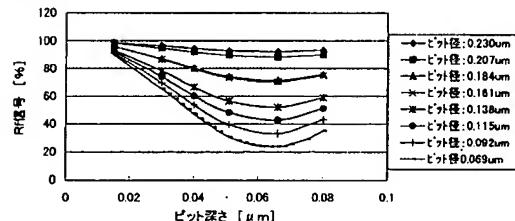
L1 基板層

30

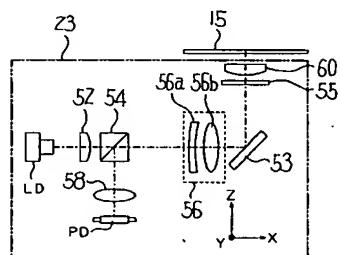
【図 1】



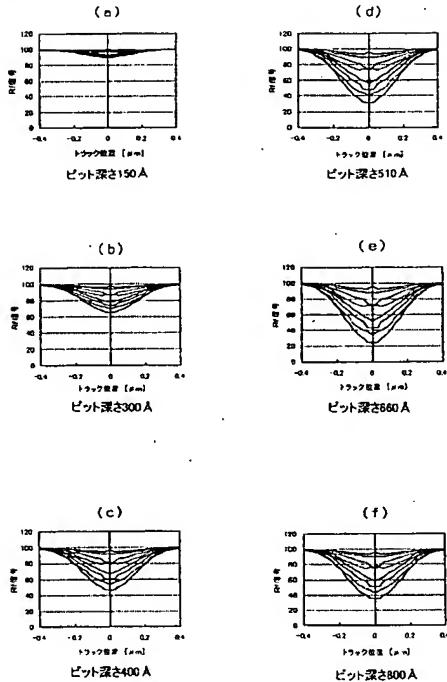
【図 3】



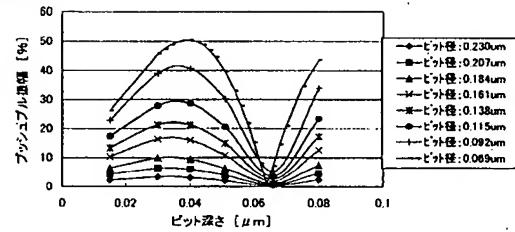
【図 2】



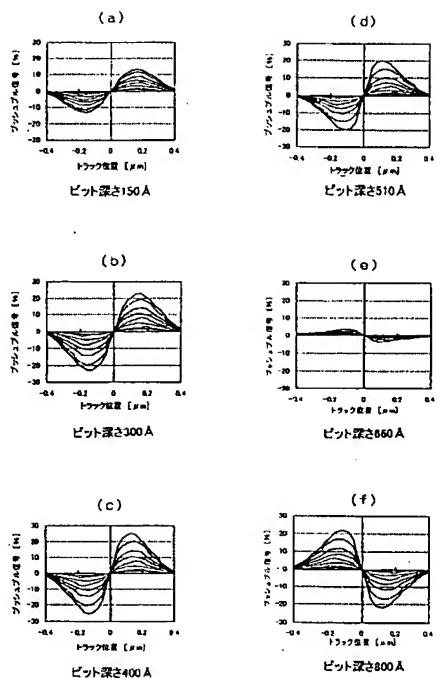
【図 4】



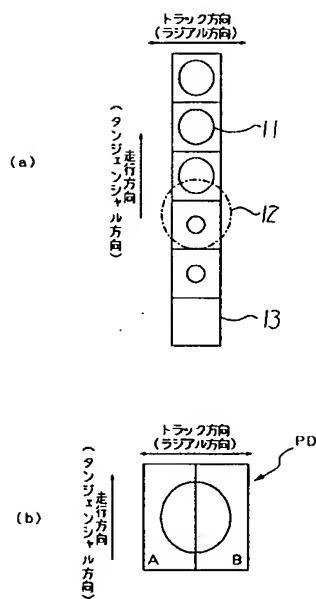
【図 5】



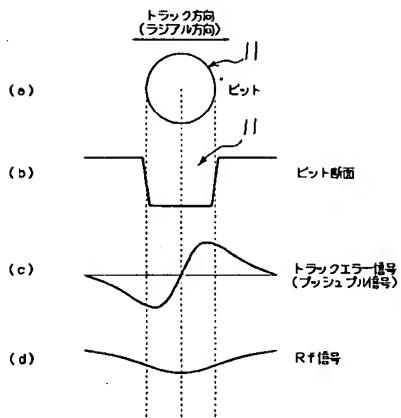
【図 6】



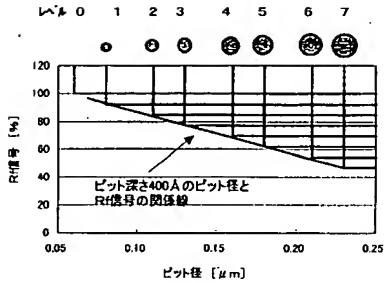
【図 7】



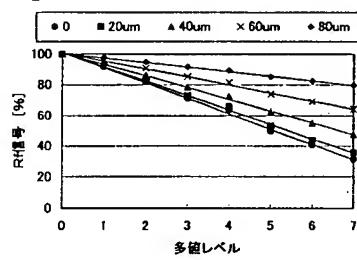
【図 8】



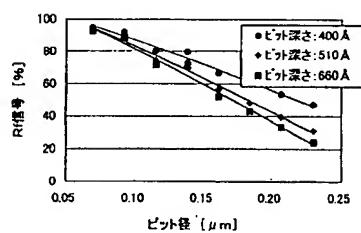
【図 10】



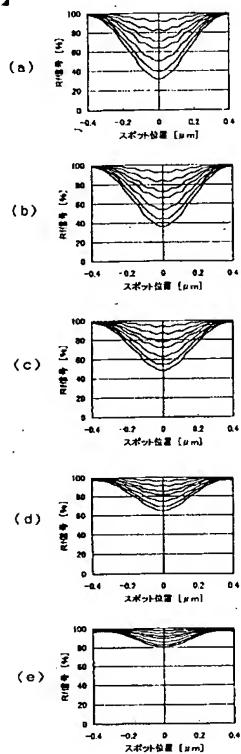
【図 11】



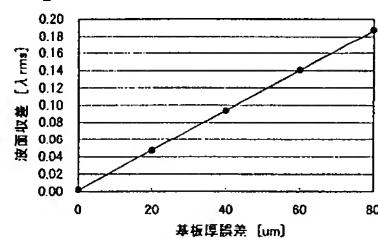
【図 9】



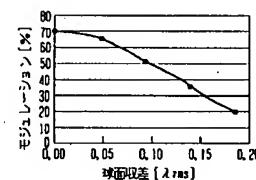
【図 1 2】



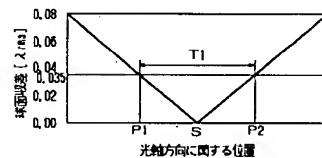
【図 1 3】



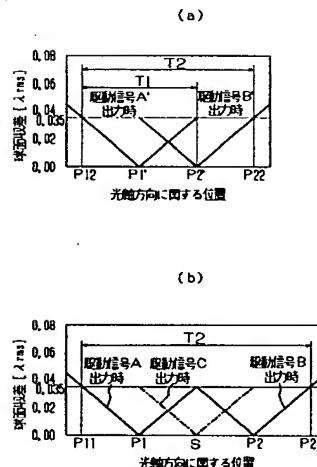
【図 1 4】



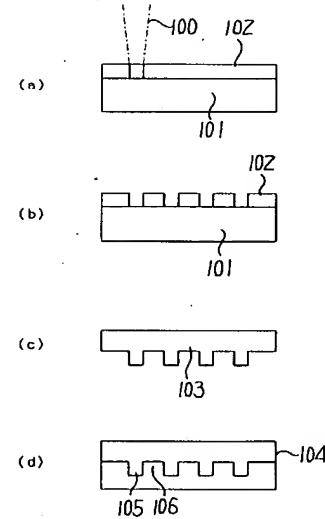
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 8】



【図 1 7】

